

УДК 004.3

Р.Ю. Лопаткин, С.Н. Игнатенко, В.А. Иващенко, В.Н. Канивец  
**АВТОМАТИЗАЦИЯ НЕСТАНДАРТНОГО  
НАУЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Аннотация. Рассматривается проблема компьютеризации и автоматизации нестандартного научного оборудования с точки зрения затрат времени и средств на разработку технических и программных решений. Предложена архитектура универсальной гибкой измерительной системы, которая позволяет быстро разрабатывать системы управления, контроля, сбора и анализа данных, программировать логику отдельных модулей, а так же разрабатывать интерфейсы конечного пользователя.*

*Ключевые слова. Автоматизация, датчики, учебное оборудование, уникальное научное оборудование, физический эксперимент, сенсоры, интерфейс пользователя.*

### **Введение**

В связи с мировым трендом внедрения интерактивных и телекоммуникационных технологий в научных исследованиях и учитывая острую потребность отечественной науки в новейших приборах, проблема модернизации нестандартных приборов является чрезвычайно актуальной. Однако каждый разработчик сталкивается с проблемой разработки новых и модификации существующих научных приборов и устройств обусловленной, как минимум тремя факторами.

1. Каждая установка компьютеризируется штучно. Это приводит к тому, что на выходе получается достаточно жесткая система, которая практически не расширяется и не модифицируется. Процесс разработки проходит длительное время и требует больших капитальных вложений. А благодаря тому, что среди исполнителей работ не задекларировано единого подхода, то каждый специалист по электронике решает задачу по своему усмотрению.

2. Программное обеспечение, которое разрабатывается штучно под каждую задачу, жестко привязано как к аппаратной части установки, так и к самому программисту. Привязанность к программисту

порождает ряд трудностей при эксплуатации установки: во-первых, компьютеризированная установка требует постоянного выделенного программиста, которым разрабатывает программный код и дальнейшая модификация его другими специалистами достаточно проблематична, во-вторых, среди программистов не задекларированы единого подхода к решению таких задач.

3. Обычно работы по модификации устаревшего оборудования выполняются специалистами с большим стажем, но уже устоявшимся багажом знаний и наработок. Это приводит к тому, что используются устаревшие интерфейсные решения, требующие разработку искусственных драйверов и не направлены на коллективное использование.

Системы, решающие подобные задачи, но с минимизацией перечисленных выше проблем, разрабатываются достаточно давно и очень известными фирмами [1]. Но если рассматривать, например, различные системы автоматизации фирмы Siemens, то станет понятно, что они направлены более на энергетику и автоматизацию производственных линий.

Система сбора RealLab [2] данных построена по модульному принципу. Модули соединяются между собой с помощью промышленного интерфейса RS-485. Представляют собой микроконтроллер с аналоговым коммутатором на 16 входов, усилителем, АЦП, ЦАП, 3-цифровых выхода. В зависимости от серии могут иметь те или иные системы защиты. Программное обеспечение как и протоколы и описания регистров являются открытыми. К недостаткам RealLab можно отнести использование низкоскоростного интерфейса связи, что в свою очередь приводит к малой скорости обработки сигнала, а так же имеется малый функциональный «ассортимент» модулей.

Система L-Card [3] состоит из разнообразных по функционалу модулей и крейтов. С помощью конфигуратора позволяет из модулей в крейте создавать блоки обработки сигналов. Взаимодействие с ПК осуществляется посредством USB и FastEthernet. Недостатки системы; параллельная шина между модулями – малое расстояние между ними, необходимость применения специальных кабелей для соединения, платное ПО, невозможность модификации ПО. ПО – коммерческое, что существенно сужает применимость системы.

Система сбора данных AFS™ [4] предназначена для автоматизации учебных демонстрационных экспериментов. Система позволяет

подключать все датчики к ПК и производить сбор и передачу экспериментальных данных. Дальнейшая обработка данных выполняется с помощью программного обеспечения, разработанного на базе передовой среды графического программирования LabVIEW™. Ориентирована на проведение школьного эксперимента. Недостатки: подключение по USB — малое расстояние от ПК до экспериментальной установки, ПО разработанное на платной основе, малая точность измерения сигналов и функциональность.

#### **Формулировка задачи**

В рамках нашего научного исследования разрабатываются специализированные современные компьютерные универсальные средства автоматизации и компьютеризации нестандартного оборудования для проведения научных экспериментов. Речь идет о гибкой компьютерной измерительной системе (далее КИС) для автоматизации и компьютеризации уникальных научных установок, в основу которой положен программно-аппаратный комплекс для регистрации и обработки физических величин (далее ПАК). Наличие КИС позволит с минимальными затратами времени и денег модернизировать существующее оборудование до современного уровня.

#### **Основная часть**

В основу ПАК положен, прежде всего, принцип модульности. Модульный подход позволит быстро адаптировать ПАК под существующее оборудование и разработать новые компьютеризированные научные установки, а применение принятых стандартов передачи данных позволит построить интерактивные приборы и установки с удаленным доступом к ним пользователей.

Нами предлагается трехуровневая система, архитектуру которой представлена на рисунке 1. Как видно из рисунка, нижний периферийный уровень отвечает за взаимодействие системы непосредственно с физическим оборудованием. На этом уровне располагаются датчики физических величин, как штучные, так и промышленных стандартов, через которые система получает поток данных. А также, наравне с датчиками на этом уровне имеем устройства обратной связи, посредством которых осуществляется обратная связь для управления и контроля. Будем называть их всех периферийными модулями (ПМ).

Второй уровень – логический. Здесь расположены модули низкоуровневой (НУЛМ) и высокоуровневой (ВУЛМ) логики. НУЛМ и ВУЛМ устройства обладают заранее запрограммированной логикой и занимаются сбором и обработкой данных с ПМ, а также дальнейшей пересылкой данных на более высокий иерархический управленческий уровень. Для этого НУЛМ и ВУЛМ имеют Ethernet контроллер для организации распределенной сети обмена данными между собой и управляющими модулями (УМ).

Третий и самый верхний – логический уровень, на котором расположены персональные компьютеры пользователей и УМ. В роли УМ может выступать любой компьютер хорошо защищенный от сбоев, но с появлением компактных компьютерных устройств имеет смысл обратить на них большее внимание. Например, всем известный Raspberry Pi [5] имеет достаточную производительность и необходимые интерфейсы связи для управления сетью ВУЛМ и НУЛМ.



Рисунок 1 – Трехуровневая архитектура КИС

Как показано на рисунке 2, ПФ имеет блок питания, АЦП, аналоговые и/или цифровые входы-выходы и контроллер скоростной шины.

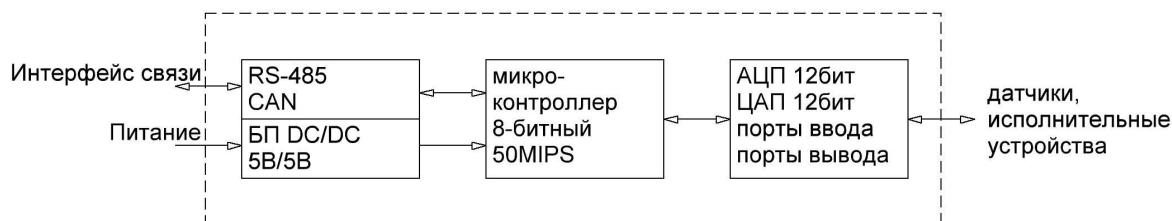


Рисунок 2 – Схема периферийного модуля

НУЛМ (см. рисунок 3) представляют собой контроллерные устройства с внешними аналоговыми или цифровыми каналами для АЦП и ЦАП. С другой стороны, они имеют Ethernet контроллер для коммутации с модулями управления. НУЛМ обладают элементарной логикой для обработки данных, поступающих с периферии. Например, если НУЛМ имеет на периферии аналоговые входы для измерения силы тока и напряжения, то он может согласно своей логике обрабатывать поток данных и пересчитывать в значение потребляемой мощности. Мгновенное значение этой потребляемой мощности он может отправить по запросу от другого модуля, а может усреднять её значение за длительный промежуток времени и накапливать небольшой стек значений, после чего отсылать данные на накопитель. Таким образом, НУЛМ может взять на себя достаточную большую нагрузку по получению и первичной обработке экспериментальных данных.

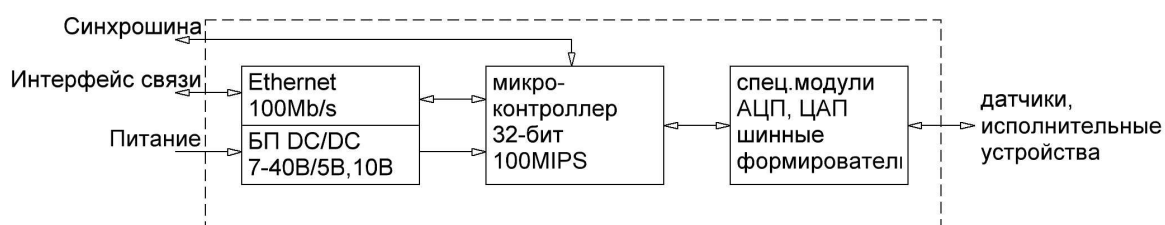


Рисунок 3 – Блок-схема низкоуровневого логического модуля

ВУЛМ хоть и находится с НУЛМ на одном уровне иерархии, тем не менее является более сложной системой (см. рисунок 4). ВУЛМ объединяет несколько ПМ (количество зависит от шины данных) в единую сеть на скоростной шине типа CAN или RS-485. ВУЛМ обладает запрограммированной логикой по работе со всеми ПМ, собирает и обрабатывает данные и затем через Ethernet контроллер обменивается сообщениями с УМ. Фактически он инкапсулирует логику работы всех подключенных к нему ПМ, а устройства управления «видят» их как одно целое устройство.

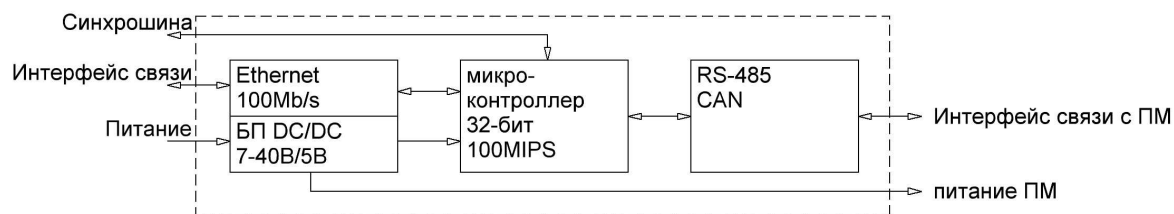


Рисунок 4 – Блок-схема высокоуровневого логического модуля

Использование программируемой логики позволяет ускорить процесс обработки данных, создавать устройства с обратной связью и малым временем реагирования, уменьшить нагрузку на интерфейс связи и распараллелить обработку данных. Программируемая внутренняя логика представляет собой интерпретатор байт-кода расширенной библиотекой скомпилированных функций, для ускорения обработки данных. Каждый ВУЛМ и НУЛМ имеет индивидуальную библиотеку скомпилированных функций, которая может быть получена по запросу с УМ или ПК для возможности написания управляющей программы. Данный подход не требует дополнительной документации для описания возможностей устройств, устраняет ошибку вызова отсутствующей функции.

Применение открытого протокола передачи данных позволит сторонним специалистам без проблем разрабатывать свои программные и аппаратные модули (с программируемой логикой) и создавать клиентский софт под разные платформы. Опираясь на проверенные технологии обмена данными (Ethernet, WiFi и т.д.), возможность доступа многих пользователей к ресурсам установки и обработка данных real-time .

Также ПАК может быть полезным для применения более дорогостоящего оборудования с возможностью коллективного использования, где получение информации, а также управления экспериментом, может быть осуществлено через Интернет, что позволяет создавать центры коллективного пользования.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

На основе проделанной работы можно сформулировать следующие выводы:

1. Предложенная трехуровневая архитектура универсальной измерительной системы позволяет быстро решать проблемы компьютеризации нестандартного научного оборудования.

2. Основываясь на проверенные технологии обмена данными (протоколы Ethernet и WiFi, шины CAN и 485) между модулями КИС разработан протокол передачи сообщений, логики работы модулей, получения и хранения данных.

3. Разработанный механизм конструирования логики высокоуровневых модулей позволяет распределить нагрузку по обработке данных и принятию решений по системе.

Дальнейшие исследования будут посвящены разработке составных компонентов КИС, таких как: широкого спектра НУ и ВУ модулей, разработке интерфейсов конструктора логики, обработки и визуализации данных, подсистем управления и обратной связи.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Система автоматизации компрессоров Siemens [Электронный ресурс] / Siemens – Режим доступа:  
URL: <http://www.energy.siemens.com/ru/ru/compression-expansion/compressor-automation.htm> - 01.03.2014 - Заголовок с экрана.
2. Распределенная система сбора данных и управления серии NL и NL-Ex [Электронный ресурс] / RealLab –  
Режим доступа: URL: <http://www.reallab.ru/> - 01.03.2014 - Заголовок с экрана.
3. Индустриальные системы сбора и обработки данных [Электронный ресурс] / L-Card –  
Режим доступа: URL: <http://www.lcard.ru/products/ltr> - 01.03.2014 - Заголовок с экрана.
4. Система сбора данных AFS™ [Электронный ресурс] / Ros-group –  
Режим доступа: URL: <http://www.ros-group.ru/products/product/2918/3566> - 01.03.2014 - Заголовок с экрана.
5. RaspberryPI [Электронный ресурс] / RaspberryPI –  
Режим доступа: URL: <http://www.raspberrypi.org/> - 01.03.2014 - Заголовок с экрана.